

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

Faculté mathématique et d'informatique
Département d'Informatique

N° :



DOMAINE : Mathématique et Informatique
FILIERE : INFORMATIQUE
OPTION : INFORMATIQUE DECISIONNELLE ET OPTIMISATION

Mémoire

Présenté par

Bernis imane

Pour l'obtention du diplôme de Master Académique
Thème :

Conception et réalisation d'un gestionnaire de planning à l'aide du solveur de contraintes (chocosolver)

Soutenu Devant le Jury composé de :

Nom et Prénom

Grade

M.HAMANI Said

Université de M'sila **Président**

M. BRAHIMI Mahmoud

Université de M'sila **Rapporteur**

M.BENOUIS Mohamed

Université de M'sila **Examineur**

Année Universitaire :2017-2018

Remerciements

*En préambule à ce mémoire, j'adresse ces quelques mots pour remercier notre **grand Dieu Allah** tout puissant pour exprimer ma reconnaissance envers sa grand générosités. **Allah** m'a donné la volonté, la patience, la sont et la confiance durant toutes mes années d'étude. Je tiens à exprimer tout d'ordre ma reconnaissance et mes remerciements les plus profonds à mon encadreur **BRAHIMI MAHMOUD** qui m'a proposé le sujet de ce travail son aide et ses conseils ont été pour moi un soutien très précieux. Je désire à le remercie pour sa compétence, sa rigueur ainsi que pour leur caractère novateur de ses idées. Mes vifs remerciements les plus sincères aux personnes qui m'apport leur aide et qui contribué à la réussite de cette formidable année universitaire. Enfin, mes derniers profonds gratitudes à **mon chère père** et **ma mère** morte ainsi qu'à tout ma famille pour leur grand soutien.*

Dédicaces

Avec tout respect et amour je dédie ce modeste travail :

- *A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde dans son vaste paradis, à toi **mon père**.*
 - *A c'était ma lumière de mes jours, la source de mes efforts, à l'espère propre de **ma mère** allahyarhmek ma chérie.*
 - *Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jours, à mes frères **Mohamed** et **Houssin** et mes petites sœurs **Khouloud** et **Nada**, je dédie ce travail dont le grand plaisir leurs revient en premier lieu pour leurs conseils, aide et encouragements.*
 - *A mon très cher fiancé **Merniz Ahmed** : Tes sacrifices, ton soutien moral m'ont permis de réussir mes études. Ce travail soit témoignage de ma reconnaissance et de mon amour sincère et fidèle.*
 - *A tous mes proches la famille **Bernis** et **Merniz** : Que ce travail soit pour vous un témoignage de mon respect et de mon affectation.*
 - *Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés et qui m'ont accompagnaient durant mon supérieures, mes aimables aimes, mes collègues d'étude et mes chères aimes de mon cœur spécialement **Douadi Ahlam, Adjiri Hadjer, Gahgah Hadjer, Merniz Achwak** et **Merniz Marwa**.*
- A mon encadreur **Mr-Brahimi Mahmoud** : pour son aide et sa précieuse attention*

RESUME

Les problèmes de planification d'horaires concernent typiquement les sociétés et services exerçant une activité continue ou quasi-continue. Il en va ainsi par exemple des Compagnies aériennes, Sport, services portuaires, entreprises de transport, hôpitaux,... etc. La planification d'horaires vise à dimensionner la force de travail et à programmer L'utilisation de ressources sur un horizon allant de la journée à quelques mois, de manière à atteindre le meilleur équilibre entre qualité de service, coût et satisfaction sociale. L'objectif de ce mémoire consiste alors à définir et à mettre en œuvre une méthode et Applications permettant de résoudre le problème de planification dans un cas concret : L'université. La spécificité du travail de l'enseignant universitaire qui exerce plusieurs tâches de différentes natures nous oblige de lui fournir un planning d'enseignement bien optimisé et bien étudié. Dans ce contexte, nous avons proposé à travers ce mémoire un planificateur d'enseignement basé sur les techniques d'optimisation. Ce travail permet de générer un planning d'enseignement fondé sur les vœux et les préférences des enseignants basant sur la programmation par contraintes PPC.

Mots clés : planification d'horaires, planning, programmation par contraintes.

ABSTRACT

Scheduling problems typically relate to companies and services engaged in continuous or near-continuous business. This is the case, for example, with airlines, sports, port services, transport companies, hospitals, etc. Scheduling aims at sizing the workforce and programming the use of resources over a day-to-month horizon, in order to achieve the best balance between quality of service, cost and social satisfaction. The purpose of this thesis is to define and implement a method and Applications to solve the problem of planning in a concrete case: The university. The specificity of the work of the university teacher who performs several tasks of different natures obliges us to provide him with a well optimized and well studied teaching schedule. In this context, we have proposed through this dissertation a teaching planner based on optimization techniques. This work generates a teaching schedule based on the wishes and preferences of teachers based on CP "constraint programming".

Keywords: Scheduling problems typically, planning, constraint programming.

ملخص

ترتبط مشكلات الجدولة عادةً بالشركات والخدمات التي تعمل في الأعمال المستمرة أو شبه المستمرة. هذا هو الحال ، على سبيل المثال ، مع شركات الطيران والرياضة وخدمات الموانئ وشركات النقل والمستشفيات وغيرها. تهدف الجدولة إلى تحديد حجم القوى العاملة وبرمجة استخدام الموارد على أفق يومي ، من أجل تحقيق أفضل توازن بين جودة الخدمة والتكلفة والرضا الاجتماعي. الهدف من هذه الرسالة هو تحديد وتطبيق طريقة وتطبيقات لحل مشكلة التخطيط في حالة محددة: الجامعة. إن خصوصية عمل معلم الجامعة الذي يقوم بعدة مهام ذات طبيعة مختلفة تلزمنا بتزويده بجدول مدرسي جيد ومدرس جيداً. في هذا السياق ، اقترحنا من خلال هذه الرسالة مخططاً تعليمياً يعتمد على تقنيات التحسين. هذا العمل يولد جدولاً للتدريس بناءً على رغبات وتفضيلات المعلمين على أساس برمجة القيد PPC.

كلمات البحث: الجدولة ، جدول مدرسي، برمجة القيد .

Liste des Acronymes

CSP: problème de satisfaction de constraints.

PPC: programmation par constraints.

COP: problème d'optimisation sous constraints.

UML : Unified Modeling Language.

CP : programmation par constraints.

EDI: environnement de development.

ETP: problèmes de l'emploi du temps des employés.

Table des matières

REMERCIEMENTS.....	I
DEDICACES	II
LISTE DES ACRONYMES	I
TABLE DES MATIERES.....	II
LISTE DES FIGURES.....	IV
LISTE DES TABLEAUX	V
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE 1 : OPTIMISATION : DEFINITION ET ASPECTS GENERAUX	2
1- INTRODUCTION.....	2
2- DEFINITION	2
3- PROBLEMES D’OPTIMISATION.....	2
4- CLASSIFICATION DES PROBLEMES D'OPTIMISATION	3
4.1- Les problèmes d'optimisation continue versus les problèmes d'optimisation discrètes	3
4.2- Les problèmes d'optimisation avec et sans contrainte	3
4.3 - Les problèmes d'optimisation mono-objectif ou multi-objectif	3
4.4 - Les problèmes d'optimisation déterministe ou stochastique	4
5- DOMAINES D’APPLICATION ET QUELQUES PROBLEMES TYPES	4
Mathématiques :.....	4
Software	4
Planification.....	4
6- EMPLOIS DU TEMPS ET OPTIMISATION.....	4
6-1- la problématique de la planification d’horaires de travail	5
6-2- Qu’est ce que la planification ?	5
6-3- Qu’est ce qu’un planning ?	5
6-4- A Quoi sert un planning ?	6
6-5- Comment est évalué un planning ?	6
6-6- Qui peut se charger de l’élaboration d’un planning ?.....	6
6-7- Différents types de plannings	6
6-7-1- Types de plannings dans le domaine de la santé	7
6-7-2- Types de plannings dans le domaine de transport.....	7
6-7-3- Types de plannings dans le domaine de la pédagogie.....	7
7- CONCLUSION	7
CHAPITRE 2 : ETUDE CONCEPTUELLE.....	8
1- INTRODUCTION.....	8
2- PRESENTATION D’UML.....	8
2-1- Pourquoi choisir UML	8

2-2- UML est idéal pour	9
2-3- Les Diagramme d'UML	9
2-3-1- Diagrammes statiques (Vues statique)	9
2-3-2- Diagrammes dynamiques (Vue dynamique)	9
2-2- UML et les domaines d'utilisation	10
2-4-1- Les points forts d'UML	10
2-4-2- Les points faibles d'UML	10
3- CONCEPTION DU SYSTEM DE GESTION DES PLANNINGS	11
3-1- Diagramme de cas d'utilisation.....	11
3-2- Diagramme de classes.....	12
3-2-1- Dictionnaire de données	12
3-2-2- Présentation du diagramme de classe.....	14
3-3- Diagramme de séquence.....	15
4- CONCLUSION	18
CHAPITRE 3 : ETUDE OPERATIONNELLE.....	19
1- INTRODUCTION	19
2- OUTILS DE DEVELOPPEMENT	19
2-1- ChocoSolver.....	19
2-2- Eclipse.....	19
3- PRESENTATIONS DU PROBLEME DE PLANNING	20
3-1- Formulation du problème.....	20
3-2- Présentation du produit	21
4- CONCLUSION	25
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES	26
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	27

Liste des figures

FIGURE 2. 1: LES VUES ET LES DIAGRAMMES UML :	8
FIGURE 2. 2: DIAGRAMME DE CAS D'UTILISATION	12
FIGURE 2. 3: DIAGRAMME DE CLASSE	15
FIGURE 2. 4: DIAGRAMME DE SEQUENCE "AUTHENTIFICATION ADMIN"	17
FIGURE 2. 5: DIAGRAMME DE SEQUENCE AJOUTER UN ENSEIGNANT	18
FIGURE 3. 1: INTERFACE PRINCIPALE	21
FIGURE 3. 2 : AJOUT D'UN ENSEIGNANT	22
FIGURE 3. 3: LISTE DES TABLES DE BASE DES DONNEES	22
FIGURE 3. 4: LISTE DES COLONNES D'ENSEIGNANT	23
FIGURE 3. 5: LISTE DES COLONNES D'ENSEIGNANT_SEANCE	23
FIGURE 3. 6: LISTE DES COLONNES D'HORAIRE	24
FIGURE 3. 7: LISTE DES COLONNES DES SALLES	24
FIGURE 3. 8: LISTE DES COLONNES DES SEANCES	25

Liste des tableaux

TABLE 2. 1: LE FORMALISME DE DIAGRAMME DE CAS D'UTILISATION.....	11
TABLE 2. 2: DICTIONNAIRE DE DONNEE.....	13
Table 2.1 : Le formalisme du diagramme de classe.....	14
TABLE 2. 3: LE FORMALISME DU DIAGRAMME DE SEQUENCE.....	16

Introduction générale

Avec l'évolution de la technologie, les tâches humaines deviennent de plus en plus complexes et leur réalisation nécessitent des techniques d'optimisation afin de les réaliser dans les brefs délais et avec les moindres dépenses. Parmi les domaines qui nécessitent une forte utilisation de l'optimisation nous trouvons le domaine de réalisation des plannings. Ce dernier est omniprésent dans tous les secteurs d'activité et son objectif est d'exploiter le réquisitionnement du personnel avec les meilleurs façons.

L'université est l'une des organisations qui ont besoin de cette satisfaction. La spécificité du travail de l'enseignant universitaire qui exerce plusieurs tâches de différentes natures nous oblige de lui fournir un planning d'enseignement bien optimisé et bien étudié.

Dans ce contexte, nous allons proposer à travers ce mémoire un planificateur d'enseignement basé sur les techniques d'optimisation. Ce travail permet de générer un planning d'enseignement fondé sur les vœux et les préférences des enseignants. Ce produit a été réalisé au tour de l'environnement Java et avec l'exploitation de la bibliothèque ChocoSolver. Cette dernière est open source et elle nous assure de programmer avec les contraintes.

Ce manuscrit est organe au tour de trois chapitres :

Le premier chapitre est consacré a la présentation du domaine d'optimisation avec ses spécificités et ses concepts fondamentaux.

Dans le deuxième chapitre nous allons présenter notre étude conceptuelle en se basant sur le langage UML

Et finalement, le troisième chapitre est consacré à notre étude opérationnelle.

Chapitre 1 : Optimisation : Définition et Aspects généraux

1- Introduction

Avec l'évolution des techniques humaines dans tous les secteurs de la vie quotidienne, les tâches de conception, de mise en œuvre et de maintenance ont devenus de plus en plus complexes et leur réalisation nécessite un mode de travail optimisé afin de minimiser les coûts, le temps de réalisation et les risques. De ce fait, les techniques d'optimisation prennent leur importance et la discipline d'optimisation est imposée dans la quasi-totalité des activités humaines. Le chapitre suivant dévoile les techniques et les aspects de cette discipline en mettant l'accent sur l'optimisation des plannings.

2- Définition

L'optimisation est l'action et l'effet d'optimiser. Ce verbe veut dire chercher la meilleure manière de réaliser une activité. Le terme est souvent employé dans le domaine de mathématiques et de l'informatique [1.].

L'optimisation est l'acte d'obtenir le meilleur résultat possible dans des circonstances données. En conception, construction, maintenance, ..., les ingénieurs doivent prendre des décisions. Le but de toutes ces décisions est soit de minimiser les efforts, soit de maximiser les avantages. L'effort ou le bénéfice peut généralement être exprimé en fonction de certaines variables de conception. Par conséquent, l'optimisation est le processus consistant à trouver les conditions qui donnent la valeur maximale ou minimale d'une fonction [2].

3- Problèmes d'optimisation

Dans de nombreux cas, des relations de préférence entre les solutions d'un CSP existent eu égard aux critères fixés par le décideur. L'optimisation consiste alors rechercher des solutions optimales d'un CSP au regard des relations de préférence du décideur. Nous nous intéresserons uniquement à des problèmes d'optimisation combinatoire monocritère, c'est-à-dire lorsque l'ensemble des solutions est discret et qu'il y a un critère d'optimalité unique. Ce critère d'optimalité est généralement associé à la maximisation/- minimisation d'une fonction objectif d'un sous-ensemble de variables vers les entiers.

Un problème d'optimisation sous contraintes (COP) est un CSP augmenté d'une fonction objectif. Cette fonction est souvent modélisée par une variable dont le domaine est défini par les bornes supérieures et inférieures de f .

En pratique, la résolution d'un problème d'optimisation mathématique consiste à trouver la meilleure solution à un problème qu'on a su préalablement exprimer sous une forme mathématique particulière qui fait intervenir un ou plusieurs critères. Ce ou ces critères sont exprimés sous la forme d'une fonction mathématique, appelée souvent fonction objectif. La solution optimale ou meilleure solution du correspond à trouver une valeur extrême, appelée aussi extremum – c'est à dire un maximum ou un minimum – à cette fonction objectif. L'optimisation se rapproche donc des calculs d'extremum de fonctions.

Dans le cadre de ce cours, on définira un problème d'optimisation comme la détermination mathématique d'un ensemble de paramètres (ou variables de contrôle) afin d'optimiser (c'est-à-dire minimiser ou maximiser) une quantité mathématique donnée, appelée fonction objectif (ou critère). Cette fonction objectif peut être sujette à des contraintes.

Un problème d'optimisation peut par exemple consister à chercher le maximum du rendement d'une unité de production industrielle, la distance maximale parcourue par un véhicule pour un quantité de carburant donnée, le nombre maximal de clients servis à un guichet dans un intervalle de temps

fixé, la résistance mécanique maximale d'une pièce produite, etc. Un problème d'optimisation peut également consister à chercher le minimum des coûts de production d'une usine, à minimiser les pertes thermiques d'un procédé industriel, à identifier le temps de fabrication minimal, etc. Dans tous ces exemples, il est nécessaire d'avoir modélisé (c'est à dire mis en équations) la grandeur qu'on cherche à minimiser ou maximiser. En fait, on retrouve des problèmes d'optimisation dans de nombreuses applications telles que les problèmes de conception, d'optimisation des conditions de fonctionnement de procédés, d'ordonnancement, de planification de production, de transport, de localisation, mais également dans les domaines économiques et financiers, comme la gestion de portefeuilles.

Face à un problème d'optimisation compliqué, soit en raison du grand nombre d'inconnues et/ou soit en raison de la formulation mathématique complexe, il est rare de pouvoir trouver une solution analytique exacte.

Il est alors nécessaire de résoudre « numériquement » le problème.

La plupart des algorithmes numériques d'optimisation sont itératifs et permettent de s'approcher pas à pas vers la solution. Selon le problème d'optimisation à résoudre, des algorithmes peuvent être efficaces ou au contraire complètement inopérants.

Les objectifs de ce cours vont être :

- D'apprendre à formuler un problème d'optimisation.
- De caractériser ce problème.
- D'identifier l'algorithme numérique le mieux à même pour le résoudre.
- De vérifier et d'analyser les résultats obtenus.

4- Classification des problèmes d'optimisation

Face à la résolution d'un problème d'optimisation, il est important de bien identifier à quelle catégorie ce problème appartient. En effet, les algorithmes développés sont conçus pour résoudre un type de problème donné et sont peu efficaces pour un type différent. La classification des problèmes d'optimisation change d'un auteur à l'autre. Par exemple, on distingue [3]:

4.1- Les problèmes d'optimisation continue versus les problèmes d'optimisation discretes

Dans certains cas, les variables de décision sont discrètes, le plus souvent sous la forme d'entiers ou de binaires. Le problème d'optimisation est dit discret. Au contraire, dans les problèmes d'optimisation continue, les variables peuvent prendre n'importe quelle valeur, ce sont des réels. Les problèmes d'optimisation continue sont généralement plus simples à résoudre. Un problème d'optimisation mêlant variable continue et variable discrètes est dit mixte.

4.2- Les problèmes d'optimisation avec et sans contrainte

Il est important de bien distinguer les problèmes où des contraintes existent sur les variables de décision. Ces contraintes peuvent être simplement des bornes et aller jusqu'à un ensemble d'équations de type égalité et de type inégalité. Il est parfois possible d'éliminer une contrainte égalité par substitution dans la fonction objective. Naturellement, les problèmes avec contraintes sont plus compliqués à résoudre et utilisent des algorithmes dédiés.

4.3 - Les problèmes d'optimisation mono-objectif ou multi-objectif

Les problèmes mono-objectifs sont définis par une unique fonction objectif. Les problèmes multi-objectifs existent quand un compromis est à rechercher entre plusieurs objectifs contradictoires. Il est éventuellement possible (mais pas nécessairement efficace) de reformuler un problème multi-objectif avec une seule fonction objectif sous forme d'une combinaison des différents objectifs ou en transformant des objectifs sous forme de contraintes.

4.4 - Les problèmes d'optimisation déterministe ou stochastique

Les problèmes d'optimisation déterministe considèrent que les données sont connues parfaitement, alors que dans les problèmes d'optimisation stochastique, ce n'est pas le cas ; par exemple une approche stochastique peut être pertinente dans le cas où les variables d'un problème sont les ventes futures d'un produit. Dans ce cas, l'incertitude peut être introduite dans le modèle.

5- Domaines d'application et quelques problèmes types

L'optimisation est une discipline scientifique qui vise à obtenir le meilleur résultat dans certaines circonstances. Beaucoup d'applications difficiles dans les affaires, l'économie et l'ingénierie peuvent être modélisées comme des problèmes d'optimisation. En fait, la résolution de problèmes dans la vie réelle est souvent complexe et difficile à résoudre, et l'optimisation joue un rôle clé dans la recherche de solutions réalisables à ces problèmes [4]. Au niveau général, l'optimisation peut se réaliser dans de différents domaines, toujours avec le même objectif : améliorer le fonctionnement de quelque chose au moyen d'une gestion perfectionnée des ressources. L'optimisation peut avoir lieu à n'importe quelle étape quoiqu'il est conseillé de la mener à bien jusqu'à la fin du processus visé. Plusieurs domaines visent à utiliser l'optimisation chacun à sa façon.

Parmi ces domaines nous citons :

Mathématiques : dans le cadre des mathématiques, l'optimisation cherche à apporter des réponses à un type général de problèmes qui consistent à sélectionner le meilleur élément parmi plusieurs appartenant au même ensemble.

Software : L'optimisation des logiciels a pour but d'adapter les programmes informatiques pour qu'ils accomplissent leurs tâches, le plus rapidement possible. Grâce à l'optimisation des logiciels, par exemple, les programmes n'ont pas besoin d'autant de mémoire pour fonctionner car ils utilisent leurs ressources d'une façon plus efficace.

L'optimisation des requêtes, par ailleurs, consiste à améliorer les temps de réponse dans la gestion des bases de données. Dans le langage des requêtes SQL, qui est l'un des plus utilisés par les développeurs, l'optimisation vise à simplifier les requêtes les plus complexes pouvant être plus longues à résoudre.

Planification : Une personne qui souhaite optimiser son temps de travail, par exemple, peut changer l'organisation de ses activités, faire appel à la technologie ou bien travailler avec quelqu'un qui puisse l'aider. Si l'optimisation est plutôt réussie, la personne pourra travailler ou produire davantage en moins de temps.

Plusieurs domaines d'application peuvent être cités tels que :

- calcul d'une trajectoire de rentrée dans l'atmosphère d'une navette.
- déménageur de Piano, sac à dos, bibliothécaire.
- voyageur de commerce...etc. [5].

6- Emplois du temps et optimisation

Un emploi du temps est un calendrier de travail, où figure à la fois le temps, l'affectation des enseignants, des salles et des modules enseignés. La gestion des emplois du temps est une tâche très complexe, cette complexité vient du fait qu'on a un ensemble de contraintes à respecter, et des conflits à résoudre. Le problème de l'emploi du temps est un problème ardu dont la réalisation à la main est une tâche draconienne qui peut mobiliser plusieurs personnes plusieurs jours de travail. Sans oublier, que toute modification des données du problème peut complètement remettre en cause la solution trouvée. Pour cela nous définissons les différents types de plannings dans différents domaines de travail et plus particulièrement dans le domaine pédagogique.

6-1- la problématique de la planification d'horaires de travail

Les problèmes de planification d'horaires de travail se retrouvent autant dans les entreprises d'industrie que dans les services publics tels que : la santé, l'éducation....etc.

La planification d'horaires de travail est un processus très complexe, qui vise à organiser des activités humaines (principalement de travail) dans le temps et à optimiser l'utilisation des ressources, de façon à couvrir un besoin exprimé par une charge de travail prévisionnelle sous diverses contraintes. Elle aboutit à des programmes définissant les horaires de travail et de repos de la force de travail [6].

Pour mieux cerner ce qui est la planification et la complexité à sa réalisation, on s'intéresse à un ensemble de questions :

6-2- Qu'est ce que la planification ?

La planification est un instrument de gestion dont l'objectif est d'aboutir à des programmes permettant d'organiser et planifier le travail des salariés afin de rester pérenne dans l'économie globale. Ceci passe par la détermination des capacités de tout un chacun et par le recensement des activités futures et des besoins en personnel.

La planification vise à affecter les ressources humaines pour chaque intervalle de temps sur un horizon donné, de telle manière que les besoins par intervalle soient couverts et que les différentes contraintes soient satisfaites [6].

6-3- Qu'est ce qu'un planning ?

Les plannings sont des calendriers de travail, où figurent à la fois le temps, l'affectation du personnel, les jours et les horaires de travail, et les congés et repos[7].

En effet, ils apparaissent dans les cas suivants :

Si le travail doit être assuré pendant plus d'une journée, il faut prévoir la succession de plusieurs personnes sur le même poste dans la journée. Un outil d'aide est nécessaire lorsque le nombre de postes dépasse la quinzaine, par exemple gérer les absences imprévues des salariés.

Si le travail doit être assuré pendant plus de 35 heures par semaine, un outil automatique devient indispensable lorsque le nombre de postes dépasse la trentaine pour gérer la succession de plusieurs personnes dans la semaine, ainsi que les absences imprévues.

Les plannings peuvent être utilisés pour planifier les horaires de présences du personnel ou les tâches effectuées par le personnel :

Planning des horaires de présence : ce type de planning est utilisé pour prévoir les horaires de présence du personnel sans préciser les tâches journalières à effectuer soit pour des raisons de sécurité, soit pour une meilleure souplesse.

Planning des tâches : ce type de planning est utilisé dans les entreprises à haute technicité, comportant plusieurs métiers et compétences distincts, où il est souhaitable d'affecter le personnel en fonction des tâches.

Ce qui exige une décomposition fine des opérations et le repérage des tâches que chaque personne est capable d'accomplir.

Les plannings peuvent être journaliers (spécifiant les pauses et périodes de travail de la journée de chaque employé), hebdomadaires (utilisés pour une paie hebdomadaire), mensuels (utilisés pour le calcul des coûts pour les besoins de la paie mensuelle) ou annuels (permettant de gérer les congés annuels des employés).

Selon leur spécificité et les branches d'activités concernées, les plannings portent différents noms. Un planning spécifiant les programmes de travail de chaque employé nominativement sur un horizon (un intervalle de temps où un planning est élaboré) d'un mois est appelé tableau de service.

Lorsque le planning représente les programmes de travail et de repos non nominatifs sur un nombre entier de semaines, on parle de grille de travail.

Certains plannings sont cycliques, s'ils reflètent une certaine périodicité des horaires individuels c'est à dire si au bout d'une durée D (mesurée généralement en semaine), le salarié retrouve son planning de départ. Autrement, ils sont dits acycliques c'est à dire ils sont différents chaque semaine.

6-4- A Quoi sert un planning ?

Depuis le début des années 80, la gestion des ressources humaines a été reconnue comme une activité stratégique pour l'entreprise. Avec cette reconnaissance, l'intérêt d'élaborer des plannings s'est vu accroître de plus en plus car ils permettent :

- aux entreprises exerçant une activité continue ou quasi-continue de répartir convenablement leur personnel (compagnies aériennes, entreprises de transports, hôpitaux, etc....).
- aux entreprises cherchant à se rendre plus accessibles à la clientèle d'étaler les horaires d'ouverture (grands magasins, banques,...etc).
- à toutes les entreprises de surmonter leur exigences de productivité et de mieux gérer les présences et absences de leur personnel. Les situations où un planning est utile sont nombreuses. Elles justifient l'existence de différentes formes de plannings dans un même système : plannings accourt, moyen et à long terme.[6]

6-5- Comment est évalué un planning ?

Pour que les plannings élaborés soient satisfaisants, ils doivent vérifier un ensemble de contraintes et établir un meilleur compromis entre les différents acteurs (exemple : le chef d'entreprise, le planificateur, le commercial, le syndicaliste et le salarié).

Lorsque les différentes solutions alternatives sont connues, une négociation se déroule de la manière suivante : chaque acteur donne son opinion. Les points d'accord sont très vite expédiés et les points litigieux sont débattus. Et des solutions de compromis sont dégagées.

Les difficultés de négociation augmentent avec le nombre d'acteurs et le nombre des solutions alternatives. L'aspect combinatoire (pour l'élaboration des plannings) rend d'autant plus difficile la négociation, car les opinions sont plus difficiles à formuler [8].

Les moyens informatiques apportent une aide certaine notamment dans l'acquisition et la confrontation des données individuelles.

6-6- Qui peut se charger de l'élaboration d'un planning ?

Dans la plupart des entreprises, cette tâche peut être centralisée ou déléguée à des cadres de l'entreprise appelés planificateurs. Le planificateur doit prendre la décision qui correspond le mieux aux préférences des différents acteurs, justifier son choix, car son expérience de la tâche fait de lui un interlocuteur privilégié pour évaluer rapidement et effectuer des jugements de l'orientation à donner à la recherche de solutions de meilleure qualité afin d'aboutir à un choix pertinent. Une collaboration réussie doit permettre au planificateur de participer efficacement à l'élaboration des plannings. La génération automatique du planning joue un rôle primordial.

6-7- Différents types de plannings

Dans la construction de plannings d'horaires de travail, si créer un planning optimisé d'une journée est aisé, mais créer un bon planning pour un mois ou une année est beaucoup plus complexe. En plus de la complexité combinatoire du problème, il faut tenir compte de la diversité des contraintes applicables et qui sont souvent contradictoires.

6-7-1- Types de plannings dans le domaine de la santé

Les plannings dans les domaines de la santé sont des calendriers de travail où figurent à la fois le temps, et l'affectation des personnels (jours et horaires de travail, congés et repos). Ils sont établis au niveau de chaque équipe, ils sont à la fois une tâche, un document d'organisation du travail, et un élément contribuant à la gestion administrative du personnel. Cette tâche est parmi les plus difficiles et les plus délicates. Difficile parce qu'elle repose sur la recherche de solutions combinatoire, répond à des contraintes multiples

6-7-2- Types de plannings dans le domaine de transport

Le transport est une activité complexe qui fait intervenir des investissements lourds, du personnel qualifié et une informatique très coûteuse, En effet, dans le transport routier, il est toujours nécessaire de gérer aux mieux les ressources existantes en optimisant les investissements.

6-7-3- Types de plannings dans le domaine de la pédagogie

La confection d'horaires (ou confection d'emploi du temps) dans les établissements scolaires est un travail très important, difficile à réaliser, c'est typiquement un problème de résolution de contraintes, Pour fournir une solution , nécessite d'être capable de s'adapter aux changements dynamiques de l'environnement en tenant compte de la diversité des contraintes telles que l'interdépendance des programmes d'enseignement, la multitude des matières étudiées et les contraintes sur ces matières(cours, cours magistraux, TD, TP...), la durée des cours, les contraintes de disponibilité des enseignants, la disponibilité limitée des salles. C'est un problème qui peut être défini comme un problème qui fait assigner quelques événements dans un nombre limité de périodes. Il peut être divisé en deux catégories principales : la confection d'horaires des cours et la confection d'horaires des examens. Ces problèmes sont soumis à beaucoup de contraintes qui sont d'habitude divisées en deux catégories : « les contraintes dures » et« les contraintes souples »[9].nc

7- Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre la discipline d'optimisation Avec toutes ses spécificités et ses concepts généraux. Nous avons également présenté domaine d'intérêt qui est le domaine de planification. Dans ce qui suit nous allons aborder notre travail conceptuel qui concerne à la proposition d'un planificateur d'étude pour le département d'informatique.

CHAPITRE 2 : ETUDE CONCEPTUELLE

1- Introduction

Le processus de conception est une étape très dans le cycle de développement. Elle nous permet de définir la vue qui décrit tous les aspects d'un système. En d'autre terme, cette étape nous permet de spécifier les fonctionnalités du futur système. Dans ce chapitre nous allons présenter notre travail de conception en se basant sur le langage UML.

2- Présentation d'UML

UML (Unified Modeling Language) est un langage graphique pour visualiser, spécifier, construire et documenter un système à forte composante logicielle, UML spécifie un ensemble des diagrammes permettant la modélisation des aspects structuraux, comportementaux d'un système, une conception logicielle ou même un modèle métier.

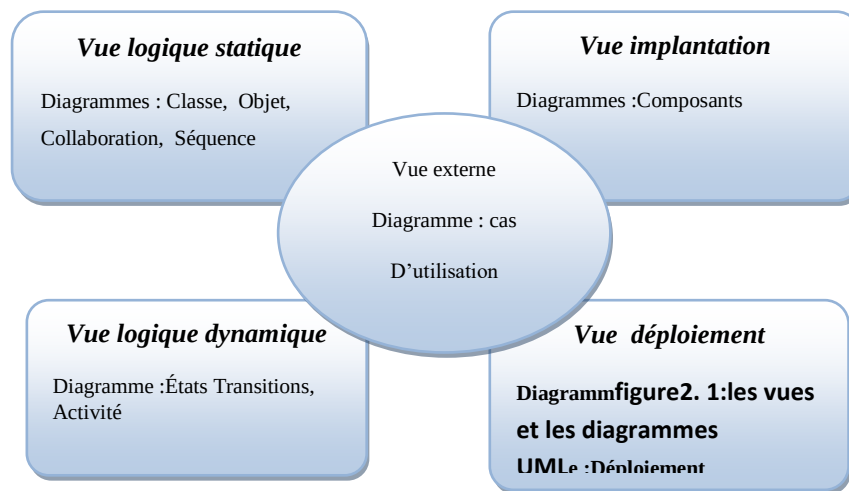


Figure 2.1 : Les vues et les diagrammes UML

2-1- Pourquoi choisir UML

- ✓ Issu (du terrain): fruit d'un travail d'experts reconnus, résultat d'un large consensus.
Langage riche : couvre toutes les phases d'un cycle de développement.
- ✓ Langage ouvert : indépendant du domaine d'application et du Langage d'implémentation.
- ✓ S'industrialise : les outils supportés se multiplient, ils permettent de respecter les normes de représentation, de gérer la cohérence de l'analyse, de générer des rapports, ...etc.

- ✓ se focaliser sur la compréhension et la résolution du problème.

2-2- UML est idéal pour

- ✓ Concevoir et déployer une architecture logicielle développée dans un langage objet (Java, C++, VB.net). Certes UML, dans sa volonté "unificatrice" a proposé des formalismes.
- ✓ Pour modéliser les données (le modèle de classe réduit sans méthodes et stéréotypé En entités), mais avec des lacunes quoi ne présentaient pas l'entité relation de Merise.
- ✓ Pour modéliser le fonctionnement métier (le diagramme d'activité et de cas D'utilisation) qui sont des formalismes très anciens.

UML aussi est un langage de modélisation au sens de la théorie des langages. Il contient de ce fait les éléments constitutifs de tout langage, à savoir : des concepts, une syntaxe et une sémantique.

De plus, UML a choisi une notation supplémentaire : il s'agit d'une forme visuelle fondée sur des diagrammes. Si l'unification d'une notation est secondaire par rapports aux éléments constituant le langage, elle reste cependant primordiale pour la communication et la compréhension.

2-3- Les Diagramme d'UML

UML propose de décrire un système à l'aide des diagrammes qui sont[10] :

2-3-1- Diagrammes statiques (Vues statique)

- ✓ Diagramme de cas d'utilisation.
- ✓ Diagramme de classes.
- ✓ Diagramme d'objets.
- ✓ Diagramme de composants.
- ✓ Diagramme de déploiement.

2-3-2- Diagrammes dynamiques (Vue dynamique)

- ✓ Diagramme d'activités.
- ✓ Diagramme d'états-transitions.
- ✓ Diagramme de séquence.
- ✓ Diagramme de collaboration.

2-2- UML et les domaines d'utilisation

Le langage de modélisation UML est utilisé dans plusieurs domaines, tels que : System d'information d'entreprises, Les banques et les services financiers, Télécommunication, Transport, Défense et aérospatiale, Scientifique.

2-4-1- Les points forts d'UML

- ✓ UML est un langage formel et normalisé :
 - ✓ gain de précision.
 - ✓ gage de stabilité.
 - ✓ encourage l'utilisation d'outils.
- ✓ UML est un support de communication performant :
 - ✓ Il cadre l'analyse.
 - ✓ Il facilite la compréhension de représentations abstraites complexes.
 - ✓ Son caractère polyvalent et sa souplesse en font un langage universel.

2-4-2- Les points faibles d'UML

- ✓ La mise en pratique d'UML nécessite un apprentissage et passe par une période d'adaptation.
- ✓ UML n'est pas à l'origine des concepts objets, mais en constitue une étape majeure, car il unifie les différentes approches et en donne une définition plus formelle.
- ✓ Le processus (non couvert par UML) est une autre clé de la réussite d'un projet. .
- ✓ L'intégration d'UML dans un processus n'est pas triviale c'est une tâche complexe et Longue.
- ✓ Les auteurs d'UML sont tout à fait conscients de l'importance du processus, mais l'acceptabilité industrielle de la modélisation objet passe d'abord par la disponibilité d'un langage d'analyse objet performant et standard.

3- Conception du system de gestion des plannings

3-1- Diagramme de cas d'utilisation

Un diagramme de cas d'utilisation (use case) représente un ensemble de séquences d'actions réalisées par le système et produisant un résultat observable intéressant pour un acteur particulier.

Un cas d'utilisation modélise un service rendu par le système. Il exprime les interactions acteurs/système ... [11].

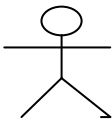
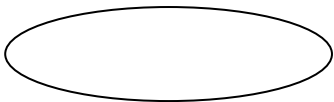
Symbole	Désignation
	Acteur
	Cas d'utilisation
	Relation entre un acteur et un cas d'utilisation
	Relation d'extension
	Relation d'inclusion

Table 2.1 : Le formalisme du diagramme de cas d'utilisation

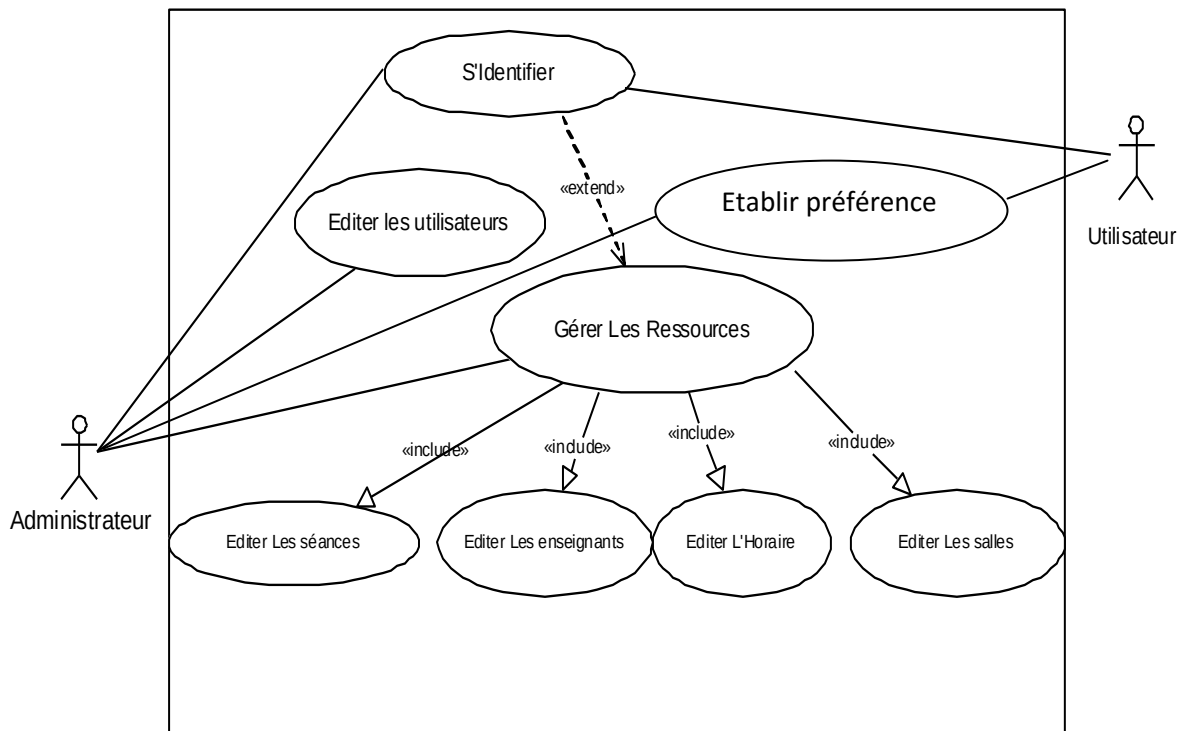


Figure 2.2 diagramme de cas d'utilisation

3-2- Diagramme de classes

Le diagramme de classes est généralement considéré comme le plus important dans un développement orienté objet. Il représente l'architecture conceptuelle du système : il décrit les classes que le système utilise, ainsi que leurs liens, que ceux-ci représentent un emboîtement conceptuel (héritage). Nous allons présenter dans ce qui suit notre dictionnaire de données sur lequel il repose notre diagramme de classe. [11]

3-2-1- Dictionnaire de données

Est une collection de métadonnées ou de données de référence nécessaire à la conception d'une base de données relationnelles. Il revête une importance stratégique particulière, car il est le vocabulaire commun de l'organisation. Il décrit des données aussi importantes que les clients, nomenclateurs des produits et les services. [11]

Un dictionnaire de données doit respecter les contraintes suivantes :

- ✓ Tous les noms doivent être monovalents et non décomposables.
- ✓ Il ne doit pas y avoir d'homonymes, ni de synonymes.
- ✓ Les données sont regroupées par entité.

- ✓ Les identifiants sont complètement précis.
- ✓ Les commentaires doivent être pertinents.

Dans le tableau de données, chaque donnée est représentée par les critères suivants :

- ✓ Son code (informatique).
- ✓ Une signification.
- ✓ Son type (numérique, alphabétique, logique...).
- ✓ Sa longueur (en nombre de caractère).

Code	Signification	Type	Longueur
Mat_ens	Matricule de l'enseignant	Int	10
nom_ens	Nom de l'enseignant	Text	50
prenom_ens	Prenomde l'enseignant	Text	50
mat_salle	Matriculedu salle	Int	10
nom_salle	Nom du salle	Text	50
type_salle	Type du salle	Text	50
mat_hor	Matricule de l'horaire	text	10
jour	Jour	date	10
heur	Heur	time	30
mat_séance	Matricule de séance	int	10
lib	libelle	text	30
type_séance	Type de séance	text	30

Table 2.2 : dictionnaire de donnée

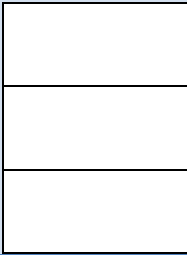
3-2-2- Présentation du diagramme de classe

Le diagramme met en évidence d'éventuelles relations entre ces classes.

Le diagramme de classes comporte 7 concepts :

- ✓ classe
- ✓ attribut
- ✓ méthodes
- ✓ identifiant
- ✓ relation
- ✓ opération
- ✓ généralisation / spécialisation

Table 2.3 : Le formalisme du diagramme de classe

Symbole	Désignation
	Classe
	Association
	Agrégation
	Généralisation
	Composition

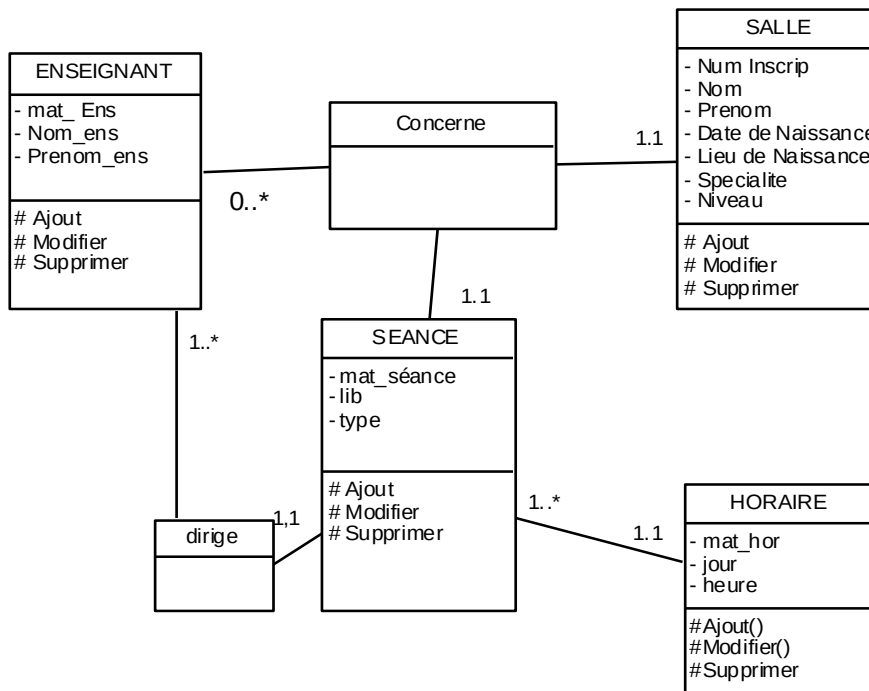


Figure 2.3: Diagramme de classe

3-3- Diagramme de séquence

Le diagramme de séquence représente la succession chronologique des opérations réalisées par un acteur. Il indique les objets que l'acteur va manipuler et les opérations qui font passer d'un objet à l'autre. On peut représenter les mêmes opérations par un diagramme de communication graphe dont les nœuds sont des objets et les arcs (numérotés selon la chronologie) les échanges entre objets. En fait, diagramme de séquence et diagramme de communication sont deux vues différentes mais logiquement équivalentes (on peut construire l'une à partir de l'autre) d'une même chronologie. Ce sont des diagrammes d'interaction. Le but étant de décrire comment se déroulent les actions entre les acteurs ou objets... [12].

Symbole	Désignation
	Objet actif
	Activation
	Mesure
	Réécouter le message

Table 2.4 : Le formalisme du diagramme de séquence.

Pour les cas plus complexes, on peut intégrer des algorithmes dans les diagrammes de séquences. Par le biais de cadres d'interaction, on peut préciser les spécificités d'un ensemble de messages :

- ✓ **alt** : fragments multiple alternatifs (si alors sinon).
- ✓ **opt** : fragment optionnel.
- ✓ **par** : fragment parallèle (traitements concurrents)

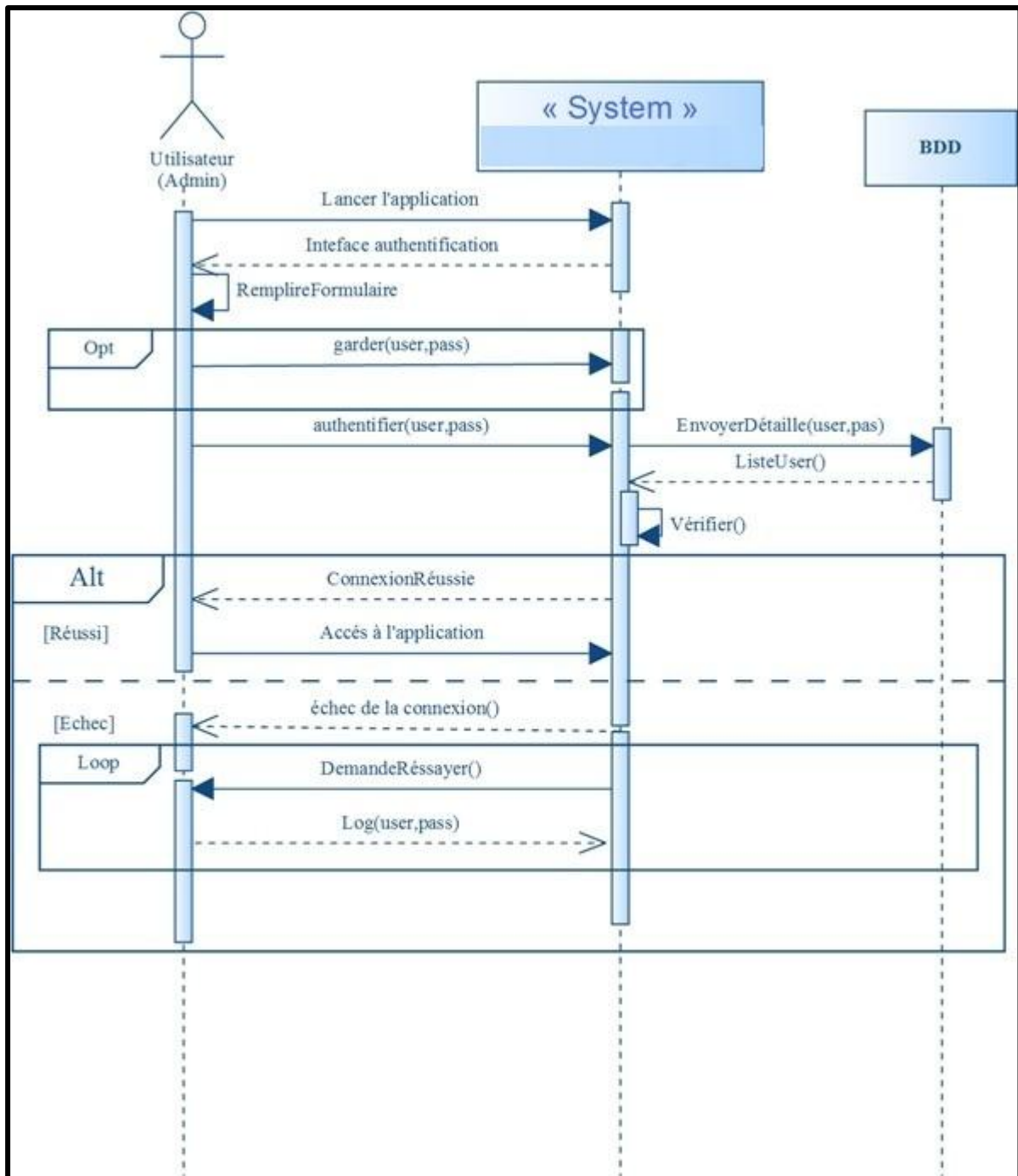


Figure2. 2: Diagramme de séquence "authentication admin"

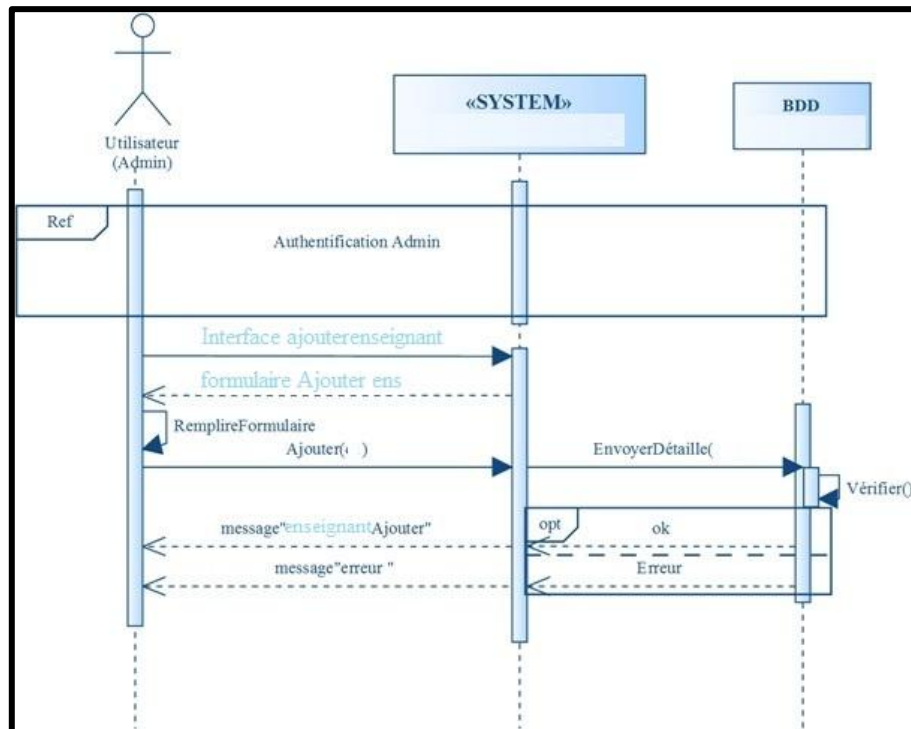


Figure 2.5: Diagramme de séquence Ajouter un enseignant

4- Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté notre travail conceptuel avec l'utilisation du langage de modélisation UML.

Dans le chapitre suivant nous allons présenté les outils de développement utilisés dans la réalisation de notre application, ainsi que quelques prototypes d'utilisation réalisé dans ce projet.

Chapitre 3 : Etude opérationnelle

1- Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter notre étude opérationnelle à travers laquelle nous avons réalisé notre planificateur. Nous commençons au premier lieu par la présentation de notre environnement de développement et par la suite on terminera par la présentation de quelques fonctionnalités assurées par ce système.

2- Outils de développement

2-1- ChocoSolver



Choco Solver est une bibliothèque Java pour les problèmes de satisfaction de contraintes (CSP) et de programmation par contraintes (CP). Cette bibliothèque est construite sur un mécanisme de propagation basé sur les événements avec des structures backtrackable. Choco est une bibliothèque open-source, distribué sous une licence BSD et hébergé par sourceforge.net[13].

ChocoSolver est utilisé pour:

- enseignement: facile à utiliser
- recherche: facile à étendre
- applications réelles: faciles à intégrer

Choco Solver est une bibliothèque Java 8 comprenant:

- divers types de variables (entier, booléen, set et real),
- beaucoup de contraintes (alldifferent, count, nvalues, etc.),
- une recherche configurable (recherche personnalisée, recherche par activité, recherche dans un grand quartier, etc.),
- explications de conflit (back back jump, backtracking dynamique, réparation de chemin, etc.).

2-2- Eclipse



Eclipse est un projet, décliné et organisé en un ensemble de sous-projets de développements logiciels, de la fondation Eclipse visant à développer un environnement de production de logiciels libre qui soit extensible, universel et

polyvalent, en s'appuyant principalement sur Java.

Son objectif est de produire et fournir des outils pour la réalisation de logiciels, englobant les activités de programmation (notamment environnement de développement intégré et frameworks) mais aussi d'AGL recouvrant modélisation, conception, test, gestion de configuration, reporting... Son EDI, partie intégrante du projet, vise notamment à supporter tout langage de programmation à l'instar de Microsoft Visual Studio.

Eclipse est un IDE, *Integrated Development Environment* (EDI environnement de développement intégré en français), c'est-à-dire un logiciel qui simplifie la programmation en proposant un certain nombre de raccourcis et d'aide à la programmation. Il est développé par IBM, est gratuit et disponible pour la plupart des systèmes d'exploitation.

Au fur et à mesure que vous programmez, eclipse compile automatiquement le code que vous écrivez, en soulignant en rouge ou jaune les problèmes qu'il détecte. Il souligne en rouge les parties du programme qui ne compilent pas, et en jaune les parties qui compilent mais peuvent éventuellement poser problème (on dit qu'eclipse lève un avertissement, ou *warning* en anglais). Pendant l'écriture du code, cela peut sembler un peu déroutant au début, puisque tant que la ligne de code n'est pas terminée (en gros jusqu'au point-virgule), eclipse indique une erreur dans le code.

Il est déconseillé de continuer d'écrire le programme quand il contient des erreurs, car eclipse est dans ce cas moins performant pour vous aider à écrire le programme[14].

2-3- Java



Java est un langage interprété, ce qui signifie qu'un programme compilé n'est pas directement exécutable par le système d'exploitation mais il doit être interprété par un autre programme, qu'on appelle interpréteur.

Un programmeur Java écrit son code source, sous la forme de classes, dans des fichiers dont l'extension est .java . Ce code source est alors compilé par le compilateur java en un langage appelé bytecode et enregistre le résultat dans un fichier dont l'extension est .class. Le bytecode ainsi obtenu n'est pas directement utilisable. Il doit être interprété par la machine virtuelle de Java qui transforme alors le code compilé en code machine compréhensible par le système d'exploitation. C'est la raison pour laquelle Java est un langage portable : le bytecode reste le même quel que soit l'environnement d'exécution.

3- Présentations du Problème de planning

La gestion des emplois du temps consiste à affecter les enseignants et les salles à des cours dans l'espace de temps en satisfaisant un ensemble de contraintes.

3-1- Formulation du problème

La formulation du problème ETP est la suivante [15] :

Problème= {Enseignants, Salles, Cours, Horaires, Contraintes} ;

Enseignants= $\{E_1 \dots E_i \dots E_e\}$ est l'ensemble des e enseignants ;

Salles= $\{S_1 \dots S_j \dots S_s\}$ est l'ensemble des s salles ;

Cours= $\{C_1 \dots C_l \dots c\}$ est l'ensemble des c cours ;

Horaires= $\{H_1 \dots H_k \dots H_h\}$ est l'ensemble des h horaires ;

Les contraintes sont un ensemble de contraintes.

Un enseignant E_i peut donner au plus un cours pendant l'heure H_k dans une salle S_j :

$$\sum_{S_1} \sum_{C_l} X[E_i, S_j, C_l, H_k] \leq 1; \quad \forall E_i, \forall H_k$$

Une salle S_j peut contenir au plus un cours C_l donne par un seul enseignant pendant l'heure H_k :

$$\sum_{E_j} \sum_{C_l} \sum_{H_k} X[E_i, S_j, C_l, H_k] \leq 1; \quad \forall S_j$$

Un cours C_l peut être donné au plus par un unique enseignant E_i dans une salle S_j à un certain horaire H_k :

$$X[E_i, S_j, C_l, H_k] = 1 \quad \forall C_l$$

3-2- Présentation du produit

Le produit réalisé fourni plusieurs fonctionnalité (voire figure 3.1)

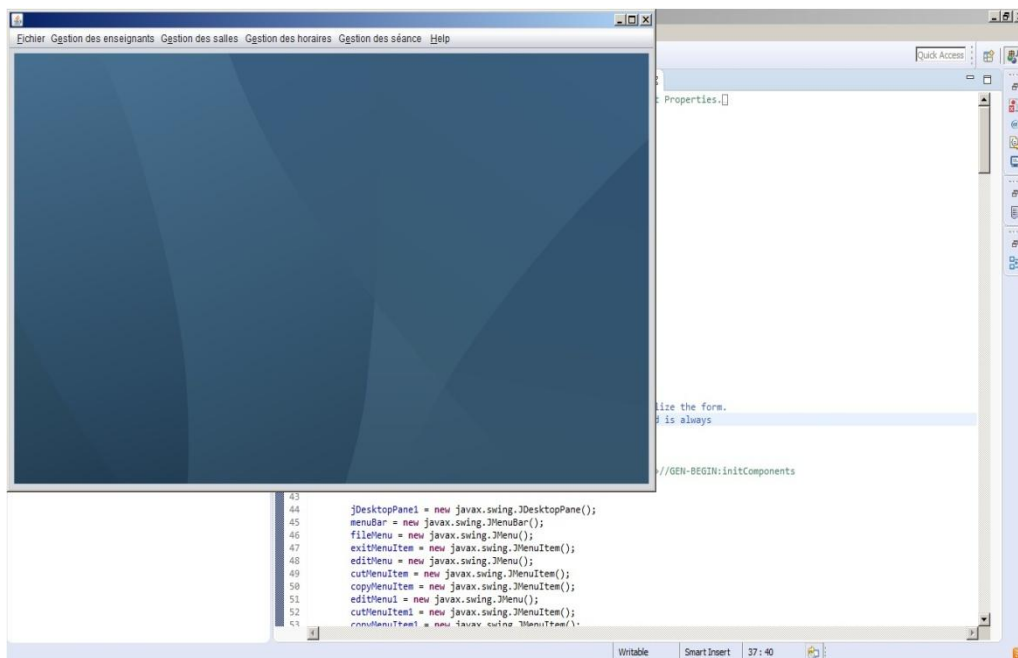


Figure 3.1 : Interface principale

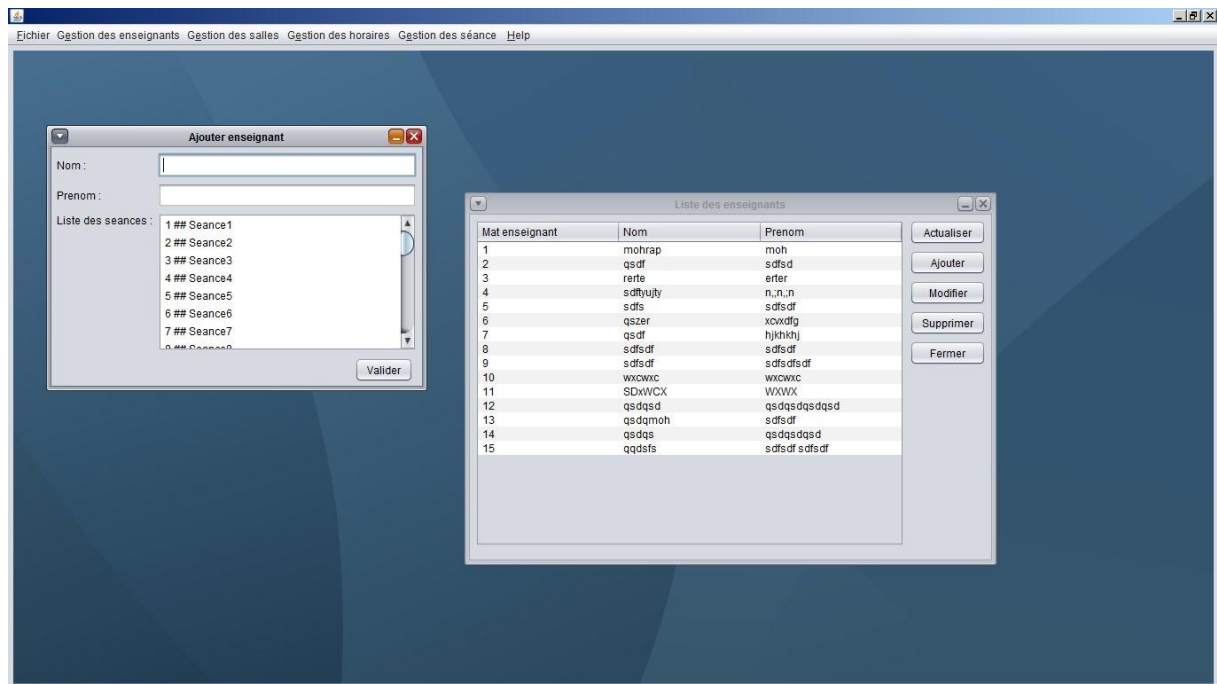


Figure 3.2 : Ajout d'un enseignant

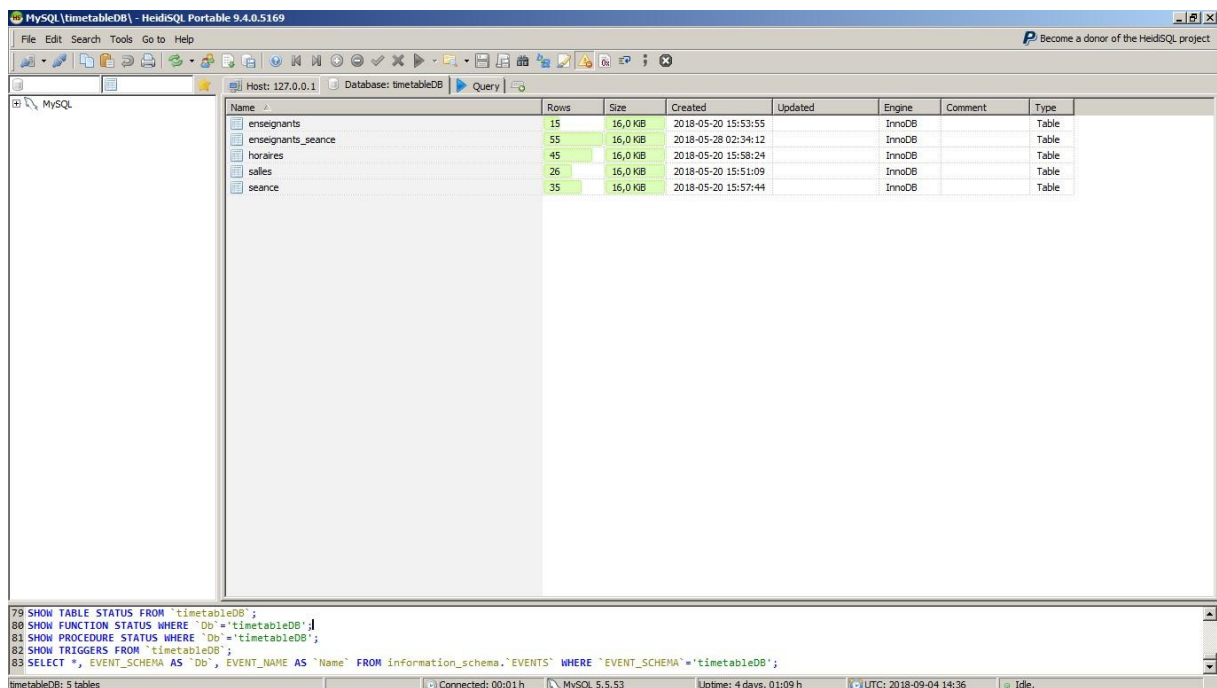


Figure 3.3 : liste des tables de base des données.

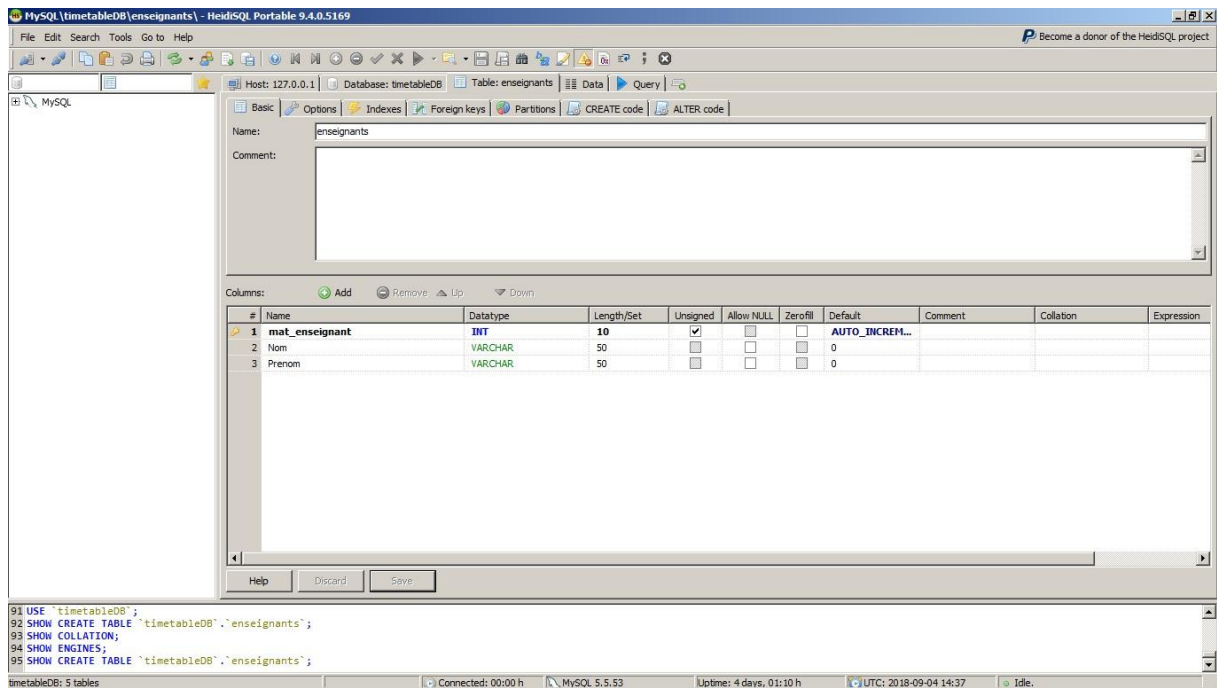


Figure 3.4 :liste des colonnes d’enseignaient.

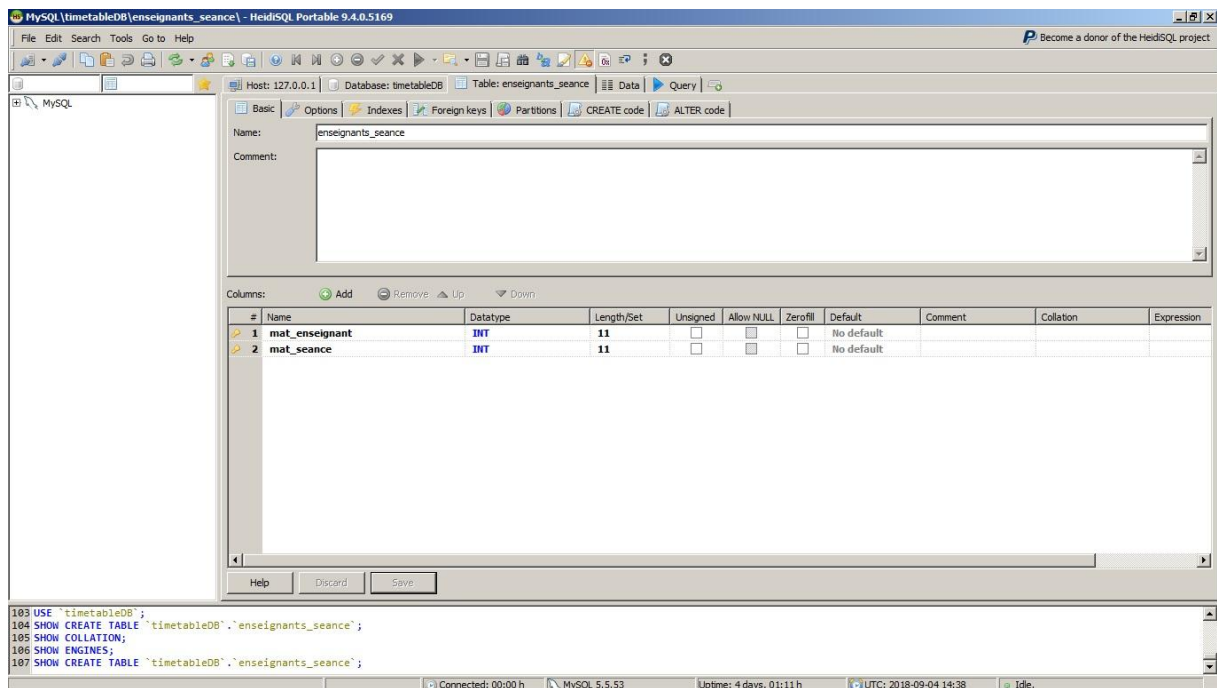


Figure 3.5 : liste des colonnes d’enseignant _ séance.

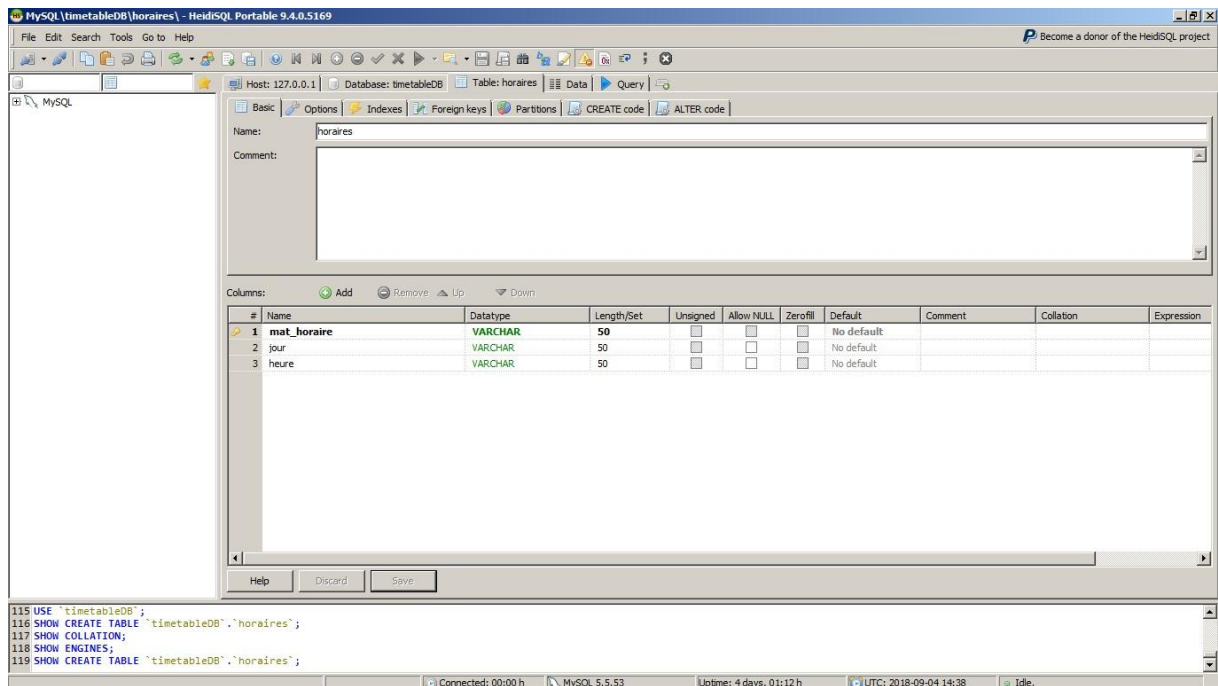


Figure 3.6 : liste des colonnes d'horaire.

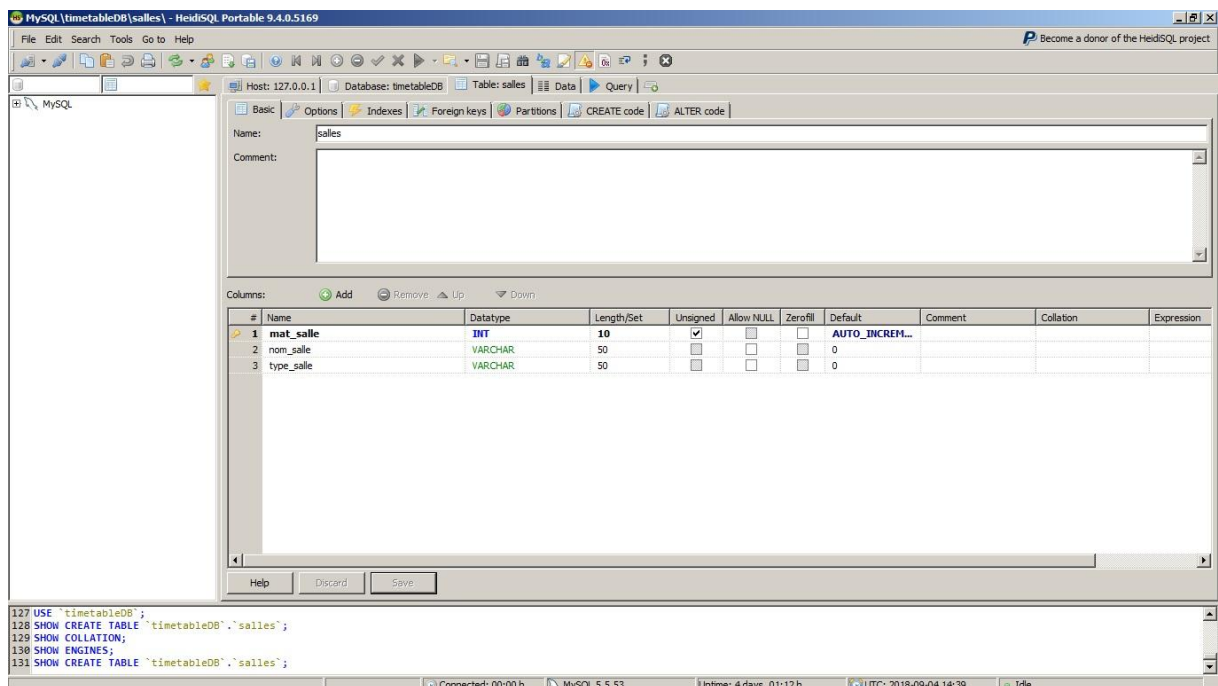


Figure 3.7 : liste des colonnes des salles.

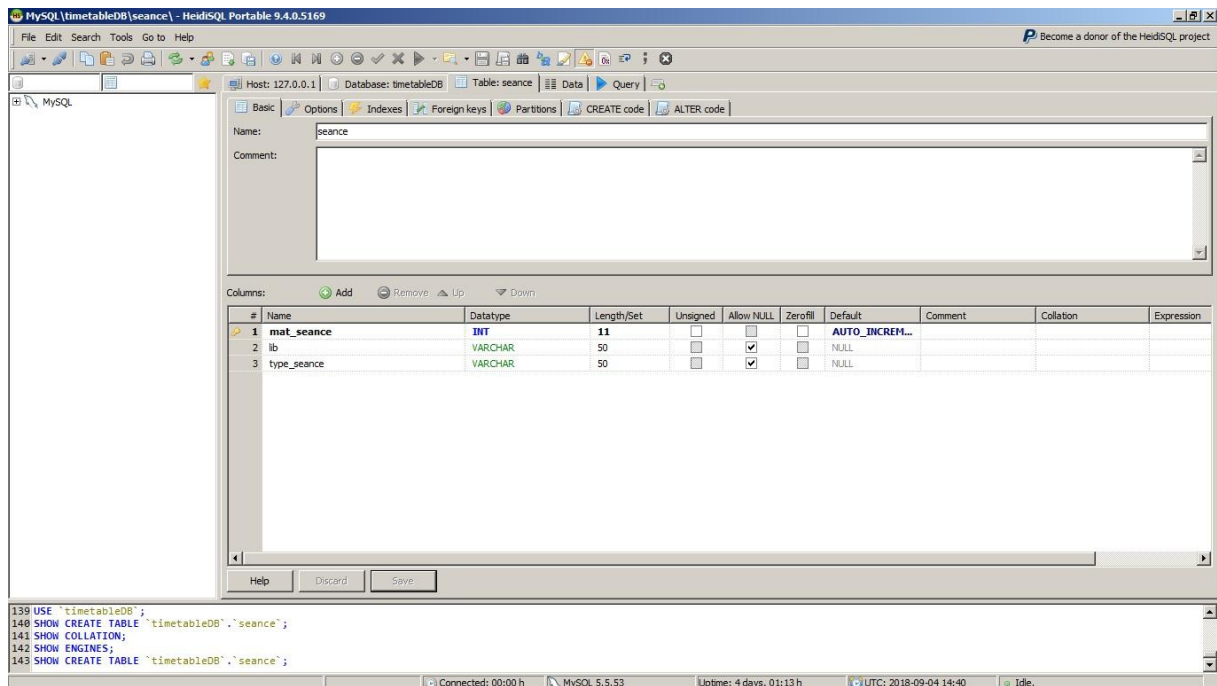


Figure 3.8: liste des colonnes des séances.

4- Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre notre étude opérationnelle. Cette dernière a été basée sur l'utilisation de l'environnement Eclipse avec l'exploitation de la bibliothèque ChocoSolver.

Conclusion générale et Perspectives

L'optimisation des plannings est indispensable dans tous les secteurs d'activité afin de rationaliser le travail et la distribution des travailleurs.

De ce fait, Nous avons proposé à travers ce manuscrit un système de planification qui permet aux chefs de départements de fixer des plannings d'enseignement fondés sur les vœux et les choix de leurs enseignants.

Le produit réalisé a été développé autour de la bibliothèque ChocoSolver. Cette dernière est open source et permet la programmation par contraintes.

Références Bibliographiques

- [1]Page des définitions (le dico de définitions), <http://lesdefinition.fr/optimisation>, consulté le septembre 12,2012.
- [2] Livre de optimisation an introduction, a Astolfi, first drofi-sep 2002, last revision-sep2006, p 02.
- [3] http://nte.mines-albi.fr/Optimisation/co/OIntro_1.html.
- [4] **Mokhtar Essaid**, hybrid solution for the optimization problems in the network,Mémoire de fin d'étude présenté pour l'obtention du diplôme de master, université Mohamed Boudiaf - M'sila01/06/2016, p 04.
- [5] **Stéphane Canu**, Introduction à l'optimisation,,stephane.canu@litislab.eu , ASI 4 - Introduction à l'optimisation pour l'ingénieur ,Septembre 13, 2017.
- [6] **Chan Y. C. P.**, La planification du personnel : acteurs, actions et termes multiples pour une planification opérationnelle des personnes, Thèse de doctorat, Institut IMAG, Université Joseph Fourier-Grenoble, 1 octobre 2002.
- [7] **Kennedy J., Eberhart R.**, A Discrete Binary Version of the Particle Swarm Algorithm, in IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, vol. 5, pp. 4104–4108, 1997.
- [8] **Remy-R, Alexander-J**, «Systèmes interactifs d'aide à l'élaboration de plannings de travail de personnel», Thèse de doctorat ,Laboratoire TIMC ,Institut IMAG , Université Joseph Fourier-Grenoble,07 novembre 2003.
- [9] **Burke E., kingston j., Jackson k., Weare R.**, Automated university Timetabling: the state of the art, the Computer Journal 40 (9) 565-571, 1997].
- [10] **Zerouga Oussama**, "conception et réalisation d'un site web dynamique pour la gestion de la chambre de commerce wilaya de msila",licence,msila ,2010/2011.
- [11] <http://www.Uml.org>consulter le : 15/02/2016.
- [12] UML, Le langage de modélisation objet unifié par Laurent Piechocki .
- [13] Choco solver, <http://choco.mines-nantes.fr/> ,Documentation, August 2.
- [14] <http://www.enseignement.polytechnique.fr/informatique/profs/Julien.Cervelle/eclipse/>.

[15] **Thierry Moyaux, Brahim Chaib-draa et Sophie D'amours**, « Satisfaction distribuée de contraintes et son application à la génération d'un emploi du temps d'employées » ,5ème Congrès international de Génie Industriel- ville de Québec 26 au 29 Octobre 2003.